



Conseil économique et social

Distr. générale
27 juin 2024
Français
Original : anglais

Commission économique pour l'Europe

Organe exécutif de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance

Organe directeur du Programme concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe

Groupe de travail des effets

Dixième session commune

Genève, 9-13 septembre 2024

Point 2 de l'ordre du jour provisoire

Questions découlant des réunions récentes de l'Organe exécutif de la Convention et de ses organes subsidiaires, ainsi que des activités menées par les Bureaux de l'Organe directeur et du Groupe de travail des effets

Rapport d'activité commun de 2024 sur les conclusions scientifiques utiles à l'élaboration de politiques

Note établie par les Présidents de l'Organe directeur du Programme concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe et du Groupe de travail des effets, en coopération avec le secrétariat

Résumé

Le présent rapport a été élaboré par les Présidents du Groupe de travail des effets et de l'Organe directeur du Programme concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe, en coopération avec le secrétariat de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance. L'examen des récentes conclusions scientifiques est fondé sur les informations fournies par les pays chefs de file et les centres des programmes internationaux concertés. Il est présenté conformément au plan de travail pour 2024-2025 relatif à l'application de la Convention ([ECE/EB.AIR/154/Add.1](#)).



I. Introduction

1. Le présent rapport a été établi par les Présidents de l'Organe directeur du Programme concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe (EMEP) et du Groupe de travail des effets, conformément au plan de travail pour 2024-2025 relatif à l'application de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (ECE/EB.AIR/154/Add.1). Le rapport rend compte des résultats obtenus en 2023 et 2024 et a été établi avec l'aide du secrétariat et des organes scientifiques subsidiaires.

II. Scénarios pour la révision à venir du Protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique, tel que modifié en 2012

2. Le Groupe de travail des effets et l'EMEP coopèrent actuellement avec le Groupe de travail des stratégies et de l'examen pour établir des scénarios de modèles d'évaluation intégrée qui pourraient servir de base à la révision du Protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique, tel que modifié en 2012 (Protocole de Göteborg). Les scénarios élaborés pour la révision du Protocole de Göteborg seront mis à jour en 2024 (voir également le paragraphe 45) et définiront les possibilités d'atténuation des émissions et des incidences. Sur cette base, un ensemble restreint de scénarios optimisés assortis d'une approche multi-polluants et multi-effets prenant en compte les effets sur la santé, les écosystèmes et la biodiversité seront mis au point. Un objectif collectif (à l'échelle de la région de la Commission économique pour l'Europe (CEE)) visant à réduire les effets de la pollution atmosphérique sur la santé et les écosystèmes de 50 % d'ici à 2040, par rapport à 2015, a été proposé comme point de départ. Concernant les écosystèmes, un scénario optimisé visant à ce que les pays bénéficient d'une amélioration égale sera mis au point. Il reposera sur les cartes des charges critiques soumises par les pays, complétées par des données provenant de la base de données de référence du Centre de coordination pour les effets (CCE). S'agissant de la biodiversité, les charges critiques empiriques actualisées seront utilisées en combinaison avec une carte des récepteurs pour les types de nature correspondants du système européen d'information sur la nature (EUNIS). Le CCE a fourni une carte actualisée des récepteurs à l'échelle européenne au Centre pour les modèles d'évaluation intégrée (CMEI). On s'attend à ce que l'optimisation se traduise par une réduction égale de la pression exercée sur tous les types de nature, car ceux-ci constituent des habitats pour différentes espèces et doivent être protégés pour préserver la biodiversité.

3. À partir des champs de concentration et de dépôt calculés à partir des scénarios optimisés, d'autres analyses peuvent être effectuées et servir de base à la comparaison des scénarios. Cette analyse est traditionnellement appelée « analyse ex post » parce qu'elle est réalisée après l'élaboration des scénarios optimisés. Elle peut porter sur un éventail plus large de polluants et d'effets, tant à l'échelle européenne que dans les régions où l'on dispose d'informations locales plus détaillées et/ou de modèles calibrés. Elle portera également sur un éventail plus large de bénéficiaires, tels que les matériaux, les cultures et la mer, et pourra comporter une analyse coûts-bénéfices. En ce qui concerne la biodiversité, l'analyse comprendra l'utilisation de modèles dynamiques de géochimie du sol et de présence de plantes pour calculer la pression exercée sur les espèces végétales typiques de chaque type de nature. Le contexte scientifique et les hypothèses qui encadreront les travaux de modélisation de l'évaluation intégrée pour la révision du Protocole de Göteborg sont décrits dans une note d'information qui devrait faciliter le dialogue entre les communautés politique et scientifique. Ce document sera mis à jour avec les résultats des modèles d'évaluation intégrée au cours du processus de révision¹.

¹ La dernière version, élaborée pour la soixante-deuxième session du Groupe de travail sur les stratégies et l'examen, est disponible à l'adresse suivante : <https://unece.org/environment/documents/2024/05/informal-documents/agenda-item-2-draft-policy-brief-potential-targets>.

III. Effets de la pollution atmosphérique sur la santé

4. Les travaux de consolidation des données existantes sur les effets de la pollution atmosphérique sur la santé se sont poursuivis, notamment au sujet du choix des fonctions concentration-réaction et des informations associées pour l'évaluation des risques sanitaires, dans le cadre du projet d'estimation de la morbidité due à la pollution atmosphérique et de son coût économique EMAPEC (Estimating the Morbidity from Air Pollution and its Economic Costs) et du projet sur les risques sanitaires liés à la pollution de l'air en Europe HRAPIE (Health risks of air pollution in Europe)-2. Lors d'une récente réunion (Bonn, Allemagne, 15-16 avril 2024), les experts ont examiné les résultats préliminaires des examens systématiques commandés sur l'exposition à long terme à la pollution atmosphérique et la mortalité toutes causes confondues et par cause, ainsi que d'autres éléments et informations associés nécessaires à l'évaluation des risques pour la santé. Ces analyses ont été soumises à une revue à comité de lecture. En ce qui concerne l'EMAPEC, un examen des études systématiques sur l'exposition à long terme à la pollution atmosphérique et les résultats en matière de morbidité sera publié en 2024.

5. Les effets sur la santé humaine associés aux polluants atmosphériques choisis (benzène, arsenic, cadmium, nickel et mercure) qui n'étaient pas visés par les lignes directrices mondiales relatives à la qualité de l'air de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) de 2021 ont été examinés et résumés dans un rapport de l'OMS². Selon les résultats, il n'y a pas suffisamment d'éléments nouveaux pour justifier une modification des lignes directrices actuelles. Le rapport recense les lacunes en matière de connaissances et les futurs domaines de recherche.

6. Les travaux sur les outils d'évaluation de l'impact sanitaire et économique, principalement AirQ+ et CLIMAQ-H (Climate Change Mitigation, Air Quality and Health) sur l'atténuation des changements climatiques, la qualité de l'air et la santé, se sont poursuivis, des versions actualisées (CLIMAQ-H) ou de nouvelles versions linguistiques (AirQ+ : version espagnole lancée en février 2024) des outils ayant été mises à disposition. Les efforts de renforcement des capacités se sont poursuivis, une session de formation pratique sur la qualité de l'air et la santé pour les experts du Kirghizistan et du Kazakhstan devant se tenir à Bishkek en décembre 2023.

IV. Effets de la pollution atmosphérique sur les matériaux et le patrimoine culturel

7. Le Programme international concerté relatif aux effets de la pollution atmosphérique sur les matériaux, y compris les monuments historiques et culturels (PIC-Matériaux) procède à des études sur les expositions répétées. Une nouvelle étude relative à l'exposition débutera en 2024. Outre les matériaux utilisés pour l'analyse des tendances (acier au carbone, zinc (Zn) et calcaire), des revêtements métalliques relativement nouveaux (Zn-aluminium (Al)-magnésium (Mg)), utilisés par exemple pour soutenir les structures des panneaux solaires, seront exposés.

8. L'effet des particules (PM) provenant d'émissions autres que les émissions d'échappement (usure des freins, usure des pneus, usure des routes et remise en suspension de la poussière des routes) ne devrait pas diminuer de la même manière que pour les émissions de gaz d'échappement. Les émissions autres que les émissions d'échappement contiennent de nombreux éléments différents qui peuvent jouer un rôle important dans le début de la corrosion et seront donc étudiées en profondeur pour ces revêtements métalliques, ainsi que pour d'autres matériaux métalliques.

9. Le PIC-Matériaux mène également des études sur certains sites de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) et étudie les effets de la pollution atmosphérique sur la corrosion et l'encrassement des matériaux contenus dans les monuments.

² Disponible à l'adresse suivante : <https://iris.who.int/handle/10665/375606>.

V. Effets de la pollution atmosphérique sur la biodiversité

A. Forêts

10. Depuis des décennies, le Programme international concerté d'évaluation et de surveillance des effets de la pollution atmosphérique sur les forêts (PIC-Forêts) collecte des données sur le dépôt de substances acidifiantes, tampons et eutrophisantes dans les forêts européennes en recueillant les précipitations sous la frondaison. Les dépôts de sulfate par égouttement ont considérablement diminué depuis le début de la surveillance il y a près de quarante ans, et aujourd'hui les dépôts de sulfate moyens ($>3-6 \text{ kg S ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) et élevés ($>6 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) sont principalement limités aux zones proches de grandes sources ponctuelles et en Europe centrale (Allemagne, Autriche, Pologne, Tchéquie et Slovaquie) et Europe du Sud-Est (Bulgarie, Croatie, Grèce, Roumanie et Serbie). Des dépôts moyens ($>10-20 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) et élevés ($>20 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) d'azote inorganique par égouttement sont encore observés dans toute l'Europe centrale, les dépôts élevés d'ammonium ayant été mesurés dans une zone plus vaste que les NO_x . Une baisse notable des émissions d'azote dans toute l'Europe a été détectée en 2019-2020 et pourrait être associée au confinement lié à la pandémie de coronavirus (COVID-19).

11. Deux études menées au niveau européen ont permis de mieux comprendre le cycle de l'azote dans les écosystèmes forestiers. L'une de ces études³ a mis en évidence une nitrification importante dans la frondaison en analysant le traceur isotopique naturel $\Delta 17\text{O}$ dans les précipitations et les eaux de ruissellement recueillies dans des peuplements de hêtres et de pins sur une pente de dépôt d'azote dans 10 parcelles de niveau II du PIC-Forêts. Des analyses génétiques supplémentaires d'échantillons de feuilles ont permis de déceler des archées et des bactéries spécialisées comme les principaux taxons contrôlant ce processus. Les résultats donnent à penser que la contribution de l'azote réduit (NH_4^+) au dépôt total, et donc son incidence sur les écosystèmes forestiers, est probablement sous-estimée. Ils sont également pertinents pour le débat sur la saturation généralisée en azote des écosystèmes par rapport à l'oligotrophisation et peuvent être utilisés pour améliorer les modèles de bilan de la frondaison. Une étude⁴ a examiné les effets du pollen d'arbre sur les flux d'égouttement au printemps dans des peuplements homogènes de hêtres, de chênes, d'épicéas et de pins. Les auteurs ont utilisé les mesures des dépôts par égouttement sur les sites du PIC-Forêts de niveau II et les intégrales polliniques saisonnières provenant des stations de surveillance aérobiologique situées à proximité. Pour le hêtre en particulier, une corrélation positive a été trouvée entre les concentrations de pollen en suspension dans l'air et les flux de potassium, d'ammonium, d'azote organique et de carbone dans l'égouttement de la frondaison. Toutefois, les résultats indiquent que le pollen ou les micro-organismes associés peuvent réduire la quantité de nitrate dans les précipitations.

B. Zones de captage et nature ouverte à la lumière

12. Biodiversité : Les résultats préliminaires d'une étude⁵ portant sur le suivi dans le temps de la stabilité et de la résilience des communautés végétales basses montrent que la plupart des sites de surveillance intégrée sont (comme prévu pour les forêts semi-naturelles non gérées) largement stables au cours de la période de surveillance. Les perturbations naturelles telles que les attaques de scolytes apparaissent clairement dans les résultats comme un obstacle notable à la résilience (confirmant la méthode), mais les effets plus subtils des dépôts d'azote et de soufre sur les communautés végétales sont encore à l'étude au moment de la rédaction du présent rapport, les résultats définitifs étant attendus fin 2024. Toutefois, même si les tendances propres à chaque site sont subtiles, les données sur la végétation issues

³ Rossella Guerrieri et autres, « Substantial contribution of tree canopy nitrifiers to nitrogen fluxes in European forests », *Nature Geoscience*, vol. 17 (2024), p. 130 à 136.

⁴ Arne Verstraeten et autres, « Effects of tree pollen on throughfall element fluxes in European forests », *Biogeochemistry*, vol. 165 (2023), p. 311 à 325.

⁵ James Weldon et autres, « Forest vegetation community stability affected by airborne pollutants », à paraître.

de la surveillance intégrée se sont déjà avérées très utiles dans des études à plus grande échelle des pentes en Europe pour évaluer les effets de la pollution atmosphérique sur la végétation⁶.

13. Compte tenu du regain d'intérêt pour les travaux sur la biodiversité dans le cadre de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (la Convention), une étude de modélisation dynamique⁷ a été entreprise sur les sites suédois de surveillance intégrée. L'accent a été mis sur la capacité de prédiction des modèles concernant la composition de la végétation. Bien que des niveaux généralement acceptables de correspondance entre la probabilité prédite de l'occurrence des espèces végétales et les occurrences observées aient été trouvés, la performance du modèle était bien meilleure pour les plantes vasculaires que pour les mousses. C'est ce qui ressort des données d'entraînement du modèle, dominées par l'Europe centrale et occidentale ; l'ajout de données provenant de forêts boréales, où les parties non vasculaires de la végétation sont plus importantes, permettrait d'améliorer les performances du modèle dans ces régions.

C. Effets de la pollution atmosphérique sur les eaux de surface

14. Les charges critiques pour l'acidification des eaux de surface sont encore dépassées à certains endroits. Ce phénomène est particulièrement évident dans le sud de la Norvège et dans les parties occidentales des Pays-Bas, mais des dépassements sont observés dans tous les pays qui déclarent ces charges critiques. Le niveau et l'extension des dépassements ont fortement diminué depuis les années 1980. Cette évolution est principalement liée à la baisse des émissions de soufre, car c'est le soufre qui contribue le plus à l'acidification des eaux de surface due à la pollution de l'air. Le non-dépassement n'implique toutefois pas une protection totale des communautés biologiques aquatiques et de la biodiversité, en raison des délais de régénération chimique et biologique.

15. Une évaluation récente de la diversité des macro-invertébrés aquatiques montre une augmentation de la diversité des groupes sensibles (taxons éphéméroptères, plécoptères et trichoptères : éphémères, mouches des pierres et phryganes) dans 47 % des rivières et 35 % des lacs pour lesquels on dispose d'un nombre suffisant de données de surveillance. On observe donc un retour progressif des taxons sensibles, ce qui est cohérent avec la régénération chimique. Toutefois, dans les zones les plus sensibles à l'acidité, les eaux de surface restent en deçà des limites critiques pour la régénération biologique et l'évolution de la diversité des groupes sensibles est au point mort. De nouvelles réductions des émissions de soufre et d'azote favoriseront la régénération chimique et biologique des eaux de surface sensibles à l'acidité. Il est important d'incorporer des charges critiques pour l'acidification dans le processus de révision du Protocole de Göteborg, car les charges critiques pour l'azote ne suffisent pas à elles seules à protéger la biodiversité aquatique et le fonctionnement des écosystèmes.

D. Biodiversité

16. Les effets de la pollution atmosphérique sur la biodiversité sont un sujet important depuis de nombreuses années. Ils figurent dans le programme de travail du Groupe de travail des effets, ainsi que dans ceux de la plupart des programmes de coopération internationale. Si des progrès scientifiques ont été réalisés et signalés pour différents types d'écosystèmes et d'espèces, il a été plus difficile de trouver une approche qui permette d'inclure les effets de la pollution atmosphérique sur la biodiversité dans les modèles d'évaluation intégrée.

⁶ Thomas Dirnböck et autres, « Forest floor vegetation response to nitrogen deposition in Europe », *Global Change Biology*, vol. 20, n° 2 (février 2014), p. 429 à 440.

⁷ James Weldon, « Modelling forest biodiversity and recovery from acidification », Report 2024:2 (Uppsala, Département des sciences aquatiques et de l'évaluation de l'Université suédoise des sciences agricoles, 2024).

17. Ces dernières années, le Groupe de travail des effets, en coopération avec l'Équipe spéciale des modèles d'évaluation intégrée et le CMEI, a élaboré une approche d'évaluation régionale qui peut être incorporée dans le modèle d'évaluation intégrée et être utile pour la révision du Protocole de Göteborg. Cette approche repose sur la même base que les politiques de l'Union européenne relatives à la nature, telles que la Directive Habitats⁸, et que les politiques de nombreux pays relatives à la nature : la protection des habitats et des espèces permet de protéger la biodiversité. La diversité, la superficie et la qualité des habitats doivent être protégées lorsque la pollution atmosphérique exerce une pression sur la qualité des habitats. Pour ce qui est des politiques relatives à l'air, on peut supposer que la superficie des différents types d'habitats est protégée par les politiques relatives à la nature. La diversité peut être protégée par la protection d'une gamme de types d'habitats différents portant sur la variation des facteurs de distribution des plantes tels que la disponibilité des nutriments, le pH, l'humidité, l'ouverture à la lumière et la salinité. C'est le cas du système de classification de la nature EUNIS, qui a également été utilisé comme base pour la mise au point de charges critiques empiriques. Une mise à jour de la carte européenne des récepteurs et des charges critiques empiriques a été effectuée récemment par le Centre de coordination pour les effets (CCE) (voir les paragraphes 19 à 23).

18. Bien que l'objectif soit de parvenir à un dépassement nul pour tous les types de nature, il pourrait s'avérer nécessaire de combler une lacune dans le cas du modèle d'évaluation intégrée. En effet, la réduction des dépassements cumulés moyens peut être utilisée dans le but d'obtenir une amélioration égale pour tous les types de nature. Ceci est important car les types de nature, tels qu'ils sont décrits, sont censés être des habitats pour différentes espèces typiques. Il sera également important d'utiliser des charges critiques harmonisées et des cartes de récepteurs pour l'optimisation. Toutefois, des évaluations nationales peuvent être réalisées a posteriori, également sur la base des charges critiques communiquées au niveau national.

VI. Charges et niveaux critiques

A. Charges critiques

19. En 2023, le CCE du Programme international concerté de modélisation et de cartographie des charges et niveaux critiques ainsi que des effets, des risques et des tendances de la pollution atmosphérique (PIC-Modélisation et cartographie) a finalisé la version actualisée de la carte des récepteurs européens (voir le rapport intitulé *Final Report : Creation of a Harmonized Land Cover Map as an Example for the Entire Region of the Geneva Air Pollution Convention*)⁹. Cette base de données présente une distribution uniforme de plus de 200 types d'écosystèmes différents au niveau 3 d'EUNIS dans toute la région de la CEE, y compris les pays d'Europe orientale, du Caucase et d'Asie centrale. La carte peut être fournie aux centres de liaison nationaux qui en font la demande au CCE pour répondre à leurs besoins. Elle peut également constituer une base commune pour la modélisation de la dispersion et du dépôt de la pollution atmosphérique en fonction de l'écosystème et pour l'évaluation des risques connexes à l'aide d'indicateurs tels que les charges et les niveaux critiques.

20. Suite à la récente mise à jour des charges critiques empiriques pour l'azote (voir le rapport intitulé *Review and revision of empirical Critical Loads of nitrogen for Europe*)¹⁰, le CCE a proposé, en 2023, une approche stable à l'échelle de la CEE pour attribuer ces données aux écosystèmes EUNIS. La carte qui en a résulté a été élaborée en rattachant les charges

⁸ Disponible à l'adresse suivante : https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/habitats-directive_en.

⁹ Steffen Gebhardt, rapport n° 157/2023 (Dessau-Roßlau, Agence allemande pour l'environnement, 2023).

¹⁰ Roland Bobbink, Christin Loran et Hilde Tomassen (éd.), rapport n° 110/2022 (Dessau-Roßlau, Agence allemande de l'environnement, 2022).

critiques empiriques pour plus de 50 écosystèmes différents à la carte actualisée des récepteurs (voir le rapport cité plus haut).

21. L'appel à données étant prévu pour 2023, les centres de liaison nationaux du PIC-Modélisation et cartographie ont été invités à appliquer les charges critiques empiriques actualisées à leur territoire national et à produire ainsi une base nationale pour les futures évaluations des risques. À la suite de cet appel à données, le CCE a rassemblé des ensembles de données nationales actualisées provenant de 11 pays. Les cartes résultant de l'appel à données reflètent les connaissances nationales sur la répartition des écosystèmes et les préférences nationales en matière de niveau de protection. Les livraisons nationales seront incluses dans l'ensemble des données relatives aux charges critiques d'azote au niveau de la CEE.

22. L'ensemble des données empiriques de la CEE sur les charges critiques devrait tenir compte de manière pertinente des risques que la pollution atmosphérique fait peser sur la biodiversité. En effet, le dépassement des charges critiques empiriques est souvent associé à des changements observés dans l'abondance des espèces et à la réduction ou à la disparition d'espèces indicatrices.

23. Le manuel des méthodes et critères de modélisation et de cartographie des charges et niveaux critiques et des effets, risques et tendances de la pollution atmosphérique (*Manual on Methodologies and Criteria for Modelling and Mapping Critical Loads and Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends*)¹¹ a été mis à jour par le CCE en 2023, notamment les chapitres 3, sur les niveaux critiques pour l'ammoniac, et 5, sur la base de données de référence pour la modélisation des charges critiques et la carte des récepteurs de la CEE.

B. Charges critiques : effets de la pollution atmosphérique sur la végétation et les récoltes

24. Niveaux critiques d'ammoniac. En 2023, le CCE a achevé l'examen et la révision des niveaux critiques d'ammoniac comme suite à une analyse de la documentation pertinente et à l'organisation d'un atelier¹². En résumé, les niveaux de concentration existants permettant de protéger la végétation contre les concentrations nocives d'ammoniac ont été confirmés. Dans le prolongement de cette activité, le CCE a présenté une approche consistant à rattacher les niveaux actualisés à la nouvelle carte des récepteurs, afin de jeter les bases d'une évaluation future des risques. La base de données qui en résulte pour l'ensemble de la CEE a été jugée comme pouvant être prise en compte dans la révision du Protocole de Göteborg. Avec l'aide des centres de liaison nationaux intéressés, les résultats seront connus début 2025 et les données seront fournies au CMEI, qui procédera à des calculs d'optimisation.

25. Effets de l'ozone sur la sénescence des cultures : le début de la sénescence est un stade de croissance clef pour les effets de l'ozone sur le blé, car il influe sur le remplissage des grains, une réduction de leur remplissage entraînant une diminution du rendement en raison de la réduction de la taille des grains (mais pas du nombre de grains). L'élaboration récente d'un module azote dans le modèle DO3SE (Deposition of Ozone for Stomatal Exchange) permettra d'évaluer les incidences de l'ozone sur la qualité des récoltes (en termes de teneur en protéines des grains) pour le blé. Les résultats du modèle ont montré que l'accélération de la sénescence est le processus clef qui influe sur l'azote des grains (et ensuite les protéines).

26. Réduction du rendement des cultures tropicales : si les effets néfastes de l'ozone sur le rendement de cultures largement répandues comme le blé, le riz et les haricots communs sont bien établis, les recherches actuelles portent sur la manière dont la pollution par l'ozone influe sur le rendement d'importantes cultures tropicales. Des scientifiques brésiliens, italiens et britanniques ont mis au point une relation flux-effet pour la canne à sucre et l'ont appliquée aux principales zones de production du Brésil. Il en ressort que l'exposition à l'ozone entraîne

¹¹ Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance de la Commission économique pour l'Europe (CEE), rapport n° 109/2023 (Dessau-Roßlau, Agence allemande de l'environnement, 2022).

¹² Disponible à l'adresse suivante : <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/review-of-internationally-proposed-critical-levels>.

une perte de 5,6 à 18,3 % de la productivité totale de la récolte de canne à sucre dans l'ensemble de la région.

27. Signalisation florale : la pollution par l'ozone (et le dioxyde d'azote) peut perturber les habitats des prairies en raison de ses incidences sur les pollinisateurs, qui sont des éléments vitaux d'un écosystème sain. Ces polluants perturbent le signal floral, influant probablement sur la capacité des pollinisateurs à détecter les fleurs. L'augmentation des niveaux d'ozone entraîne également une réduction du nombre de fleurs chez les espèces sensibles, ce qui a un impact supplémentaire sur les pollinisateurs dans les habitats importants de prairies.

28. Microplastiques en suspension dans l'air : les mousses peuvent être utilisées comme biomonitor pour les dépôts de microplastiques en suspension dans l'air. Les données du projet MADAME ont montré que les microplastiques en suspension dans l'air sont présents dans toute la région de la CEE, même dans des zones rurales telles que la Scandinavie et l'ouest de l'Irlande. Un large éventail de microplastiques a été trouvé dans des échantillons de mousse, y compris des textiles et des déchets plastiques. Les types de polymères comprennent le polyuréthane, l'acétate de cellulose et le polyéthylène. Les recherches futures devront porter sur le temps de rétention des microplastiques dans la mousse, sur la question de savoir si les microplastiques sont à l'intérieur de la mousse ou s'ils restent à l'extérieur, et sur les incidences éventuelles sur la végétation et, plus largement, sur l'écosystème.

C. Évolution temporelle des effets de la pollution atmosphérique

29. Les relevés chimiques de plus de 500 lacs et rivières sensibles à l'acidité dans 10 régions d'Europe et d'Amérique du Nord révèlent une baisse notable des sulfates dans près de 100 % des sites. Au total, 4 régions sur 10 affichent également des baisses notables de la teneur en nitrate. Tous les sites présentent une forte augmentation de la capacité de neutralisation de l'acide, mais une augmentation moins marquée du pH. L'augmentation plus faible du pH est liée à l'augmentation de l'acidité organique, conséquence d'une plus grande solubilité de la matière organique sous l'effet d'un dépôt de sulfate plus faible. L'évolution du sulfate, de la capacité de neutralisation de l'acide et du pH indique que la régénération chimique a ralenti en Europe alors qu'elle s'est accélérée en Amérique du Nord depuis le début des années 2000. Cela s'explique par une diminution plus lente des émissions de soufre en Europe et plus rapide en Amérique du Nord après les années 2000.

30. Dans les sites moins acidifiés dont le pH est supérieur à 5,5, une augmentation du calcium a été observée malgré la diminution des anions acides forts (par exemple, le sulfate, le nitrate et le chlorure). La diminution du calcium est associée à une augmentation des bicarbonates, qui pourrait être liée à des taux d'altération plus élevés. Ainsi, dans certains sites moins acidifiés et moins sensibles à l'acidité, la régénération chimique peut être plus rapide que prévu.

31. La modélisation dynamique en cours de la régénération chimique des lacs sensibles à l'acidité dans le sud de la Norvège permettra de mieux comprendre les processus de régénération des eaux de surface les plus sensibles à l'acidité ailleurs en Europe et en Amérique du Nord. Les résultats alimenteront le processus de révision du Protocole de Göteborg.

32. Au cours de l'année écoulée, les activités de recherche et de surveillance de la qualité de l'air en dehors de la communauté du PIC-Forêts se sont concentrées sur la détermination des tendances des polluants, en particulier de l'ozone et de ses précurseurs, en utilisant des modèles dont les données d'entrée étaient des données in situ et des données de télédétection. Une étude¹³ a également montré que les tendances de l'ozone augmentent non seulement en raison de ses « précurseurs traditionnels », mais aussi en raison d'une photolyse accrue des particules de nitrate. En tenant compte des changements climatiques et de la pollution atmosphérique, la réduction d'échelle statistique prévoit une diminution des concentrations d'ozone troposphérique dans la région de l'Europe dans le cadre du scénario modéré

¹³ Viral Shah et autres, « Particulate nitrate photolysis as a possible driver of rising tropospheric ozone », *Geophysical Research Letters*, vol. 51, n° 5 (mars 2024).

SSP2-4.5, mais une augmentation des concentrations dans le cadre du scénario pessimiste SSP3-7.0¹⁴. Par conséquent, les effets de l’ozone sur la végétation pourraient devenir de plus en plus perceptibles. Dans ce contexte, une étude¹⁵ a montré que les concentrations d’ozone en été et les symptômes foliaires dans les forêts européennes avaient légèrement diminué entre 2005 et 2018. Les concentrations d’ozone étaient plus élevées dans les régions biogéographiques méditerranéennes et alpines. L’ozone a un effet notable sur les symptômes des espèces les plus sensibles. Il a également été démontré que les symptômes tendaient à être déterminés par les propriétés fonctionnelles des feuilles.

VII. Émissions

A. Amélioration des inventaires des émissions

1. Questions générales

33. En 2024, toutes les Parties à la Convention, à l’exception de deux d’entre elles, avaient communiqué des inventaires des émissions atmosphériques. Il s’agit du nombre le plus élevé obtenu depuis la mise en place du processus de notification.

2. Données d’émission maillées utilisées pour la modélisation

34. Les données d’émission spatiales communiquées (données d’émission maillées) alimentent les modèles utilisés pour évaluer les concentrations et les dépôts atmosphériques, car la localisation spatiale des émissions détermine en grande partie leurs schémas de dispersion atmosphérique et leur zone d’impact. Le Centre des inventaires et des projections des émissions (CIPE) a établi des données maillées sur les principaux polluants (oxydes d’azote (NO_x), composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), ammoniac (NH₃), oxydes de soufre (SO_x), monoxyde de carbone (CO), particules (PM_{2,5}, PM₁₀, particules grossières) et carbone noir pour la série temporelle 2000-2022. Les mêmes données pour les métaux lourds (cadmium (Cd), mercure (Hg) et plomb (Pb)) et les polluants organiques persistants (POP) (benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, indeno(1,2,3-cd)pyrène, dioxines et furannes, hexachlorobenzène) ont été établies pour l’année 2022.

35. Afin de compiler les ensembles de données maillées, le CIPE a fait l’inventaire de nombreuses sources de données, en plus des émissions nationales. Il s’agit notamment des données du modèle d’interaction et de synergie entre les gaz à effet de serre et la pollution atmosphérique (GAINS), des données sur les émissions des navires recueillies par l’Institut météorologique finlandais et des données de la base de données relative aux émissions pour la recherche atmosphérique mondiale v6.1¹⁶ que le Centre commun de recherche de la Commission européenne avait élaborée. Malgré le système semi-automatique de comblement des lacunes mis au point par le CIPE, beaucoup de ressources sont encore nécessaires pour mener ce travail à bien. Il reste encore plusieurs Parties qui ne communiquent pas de données maillées et les données communiquées soulèvent des problèmes de qualité. En outre, il y a souvent un manque de transparence dans la documentation des méthodes appliquées pour établir les données maillées. Il est essentiel que les Parties, les centres de l’EMEP et les équipes spéciales collaborent pour améliorer la qualité de l’ensemble des données maillées.

3. Synthèse de la déclaration actuelle de la partie condensable dans les particules

36. Les particules peuvent se présenter sous forme de matière solide ou liquide (la partie « filtrable ») ou sous forme de gaz (la partie « condensable »). La prise en compte de la composante condensable des émissions de particules peut avoir un impact important sur

¹⁴ Elke Hertig, Sally Jahn et Irena Kaspar-Ott, « Future local ground-level ozone in the European area from statistical downscaling projections considering climate and emission changes », *Earth’s Future*, vol. 11, n° 2 (janvier 2023).

¹⁵ Marco Ferretti et autres, « The fingerprint of tropospheric ozone on broadleaved forest vegetation in Europe », *Ecological Indicator*, vol. 158 (janvier 2024).

¹⁶ Voir <https://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=431>.

l'estimation des émissions pour certaines sources. En 2024, 23 Parties ont communiqué des informations sur l'incorporation de composés condensables dans les facteurs d'émission de particules. Au niveau de l'inventaire total, une combinaison d'émissions incorporant et excluant la composante condensable est généralement déclarée. En outre, pour plusieurs sources (industries, aviation), il n'est pas clair dans quelle mesure les condensables sont pris en compte dans les estimations d'émissions. En ce qui concerne le chauffage résidentiel, qui représente une source importante d'émissions de particules, la transparence des déclarations s'est considérablement accrue. Ces dernières années, un nombre croissant de pays ont pris en compte la composante condensable dans leurs estimations des émissions de particules pour le chauffage résidentiel. Néanmoins, plus d'un tiers des données d'émissions atmosphériques communiquées pour le secteur du chauffage résidentiel doivent encore être remplacées par d'autres estimations d'émissions avant de pouvoir être utilisées à des fins de modélisation.

4. Examen approfondi

37. En 2023, l'examen approfondi des inventaires d'émissions atmosphériques communiqués dans le cadre de la Convention s'est concentré sur les émissions provenant de l'agriculture, un accent particulier étant mis sur les émissions de NH₃, de COVNM et de NO_x, y compris les données maillées pour le secteur de l'agriculture. Les données fournies par 41 Parties sur les émissions atmosphériques avant le début de l'examen ont toutes été considérées. En général, la qualité des informations communiquées sur les émissions atmosphériques s'est améliorée ces dernières années. Néanmoins, des écarts considérables subsistent entre les Parties en ce qui concerne la qualité des informations communiquées sur les émissions atmosphériques. Les rapports d'évaluation sont disponibles sur le site du CIPE¹⁷.

B. Demandes d'ajustement des inventaires des émissions

38. Deux nouvelles et quatre anciennes demandes d'ajustement précédemment approuvées ont été évaluées par l'Équipe d'experts chargée de l'examen en 2024 et ont été importées dans l'outil du site Web, où toutes les informations peuvent être facilement visualisées et comparées¹⁸. Les recommandations adressées à l'Organe directeur de l'EMEP figurent dans le rapport sur l'examen des demandes d'ajustement (ECE/EB.AIR/GE.1-WG.1/2024/INF.6).

VIII. Surveillance et modélisation

A. Enseignements à retenir de la campagne sur le terrain du Programme concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe menée à l'été 2022

39. Le Centre de coordination pour les questions chimiques (CCQC) de l'EMEP a coordonné, au nom de l'Équipe spéciale des mesures et de la modélisation, une période de mesure intensive allant du 12 au 19 juillet 2022, qui a coïncidé avec une vague de chaleur paneuropéenne. La campagne de terrain, qui comprenait 28 sites dans 13 pays, a permis de mesurer plus de 140 espèces différentes de composés organiques volatils (COV), en plus de l'ozone, des oxydes d'azote, du carbone élémentaire et du carbone organique, et plus de 40 traceurs organiques différents pour les aérosols organiques secondaires. Les résultats globaux ont montré que les COV oxygénés sont prédominants avec les hydrocarbures non méthaniques C2-C5 (HCNM) sur les sites de l'EMEP, d'où un besoin important de mesures plus régulières des COV oxygénés par les Parties. Il est également nécessaire de mesurer davantage les COV biogènes, tels que les monoterpènes, qui sont des sources importantes

¹⁷ Voir www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results/2023-submission.

¹⁸ Disponible à l'adresse suivante : www.ceip.at/gothenburg-protocol/adjustment-tool.

d'aérosols organiques secondaires. En outre, les mesures à haute résolution se sont avérées très utiles pour l'évaluation du modèle des variations temporelles et des émissions de COV.

40. En 2023, le Centre de synthèse météorologique-Ouest (CSM-O) a réalisé la première comparaison approfondie des espèces de COV modélisées et observées, à la fois pour les mesures à long terme de l'EMEP et pour la campagne intensive de 2022. Les résultats sont mitigés, soulevant un problème avec les inventaires d'émissions de COV, bien que la performance du modèle pour le précurseur photo-oxydant clef et le produit formaldéhyde (HCHO) soit satisfaisante, ce qui laisse penser que le modèle capte efficacement l'ensemble des processus chimiques de photo-oxydation.

B. Actualisation et évaluation du modèle du Programme concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe

41. La nouvelle méthode de répartition des sources du modèle du CSM-O de l'EMEP (« Local Fractions ») a été étendue pour incorporer toutes les espèces dans les mécanismes chimiques, et peut maintenant prendre en compte les termes non linéaires. Le principal avantage de cette nouvelle méthode est qu'elle est très efficace au niveau de l'unité centrale de traitement et qu'elle peut donc être utilisée pour analyser la répartition des sources et les régimes chimiques de manière beaucoup plus détaillée. Une analyse détaillée de ce type est en cours pour l'ozone ; les résultats seront utilisés pour déterminer les données d'entrée et la paramétrisation d'une version actualisée de GAINS visant à simuler la réaction de l'ozone à la réduction des émissions de précurseurs. Les calculs du taux de photolyse dans le modèle de l'EMEP, essentiels à la formation photochimique de l'ozone, ont également été mis à jour et évalués sur la base du schéma Cloud-J. La répartition des particules inorganiques secondaires entre la phase gazeuse et la phase particulaire a également été mise à jour et calculée à l'aide du schéma ISORROPIA-Lite le plus récent.

42. Des travaux ont été entamés pour mettre à jour les émissions de NO dans le sol et les émissions de COV biogéniques dans le modèle de l'EMEP. Le CSM-O a commencé à comparer les calculs de NO et de HCHO dans le sol utilisés dans l'EMEP avec les données satellitaires de l'instrument de surveillance TROPOsphérique (TROPOMI). Les résultats laissent penser que le NO du sol provenant des forêts en Espagne pourrait être sous-estimé, mais les raisons de cette sous-estimation ne sont pas claires.

43. Les simulations des concentrations globales de NO₂ dans le cadre de l'EMEP ont été échantillonnées aux passages supérieurs de TROPOMI afin d'évaluer à quels endroits l'émission de NO_x à partir du sol pourrait être prédominante dans les récupérations de NO₂ troposphérique de TROPOMI. Comme prévu, les contributions les plus importantes de NO_x émis par le sol à la colonne troposphérique de NO₂ se trouvent dans la région du Sahel, où, au printemps, environ 50 % de la colonne provient des émissions du sol selon les simulations. Différents paramétrages d'émission ont été comparés afin de déterminer lequel correspond le mieux aux observations.

C. Modèles d'évaluation intégrée

44. Les résultats préliminaires de la modélisation ont été produits dans le cadre du point 2.1.12 du plan de travail, le document informel intitulé « Policy brief on the potential implications of introducing collective risk-based targets for the ECE region to address air pollution impacts on health and ecosystems » (Synthèse directive des conséquences potentielles de l'introduction d'objectifs collectifs fondés sur le risque pour la région de la CEE afin de lutter contre les effets de la pollution atmosphérique sur la santé et les écosystèmes). Une première version a été présentée à la quarante-troisième réunion de l'Organe exécutif (Genève, 11-14 décembre 2023). Une version révisée a été soumise à la soixante-deuxième session du Groupe de travail des stratégies et de l'examen (Genève, 27-31 mai 2024), intégrant les réponses aux observations reçues des Parties. Y sont exposés des scénarios allant jusqu'en 2050, calculés avec GAINS pour la région de la CEE, à savoir : un scénario de référence (législation actuelle), un scénario de réductions maximales

techniquement réalisables et un scénario de faibles émissions, comprenant des politiques climatiques compatibles avec l'objectif de l'Accord de Paris visant à limiter l'élévation de la température à de 2 °C pour l'ensemble du monde, des mesures de réduction maximale techniquement réalisable (également pour le transport maritime), et de nouvelles transformations dans le domaine de l'agriculture. Les principales constatations sont résumées ci-après :

a) Il semble possible de réduire de 50 % les effets des particules sur la santé à l'échelle régionale, bien que l'objectif ne puisse être atteint par toutes les Parties. Les objectifs régionaux sont plus rentables que les objectifs nationaux. Les modifications du régime alimentaire et les politiques de lutte contre les changements climatiques faciliteront encore la réalisation des objectifs. Pour l'Union européenne, l'objectif est atteint dans le scénario de référence. Ici, la mise en œuvre est cruciale. Certains pays non membres de l'Union européenne pourraient avoir du mal à atteindre l'objectif, surtout si l'on tient compte de la croissance démographique et du vieillissement de la population. Un objectif défini sur la base d'une population statique ou de risques de mortalité pour 100 000 habitants semble pouvoir être atteint avec moins d'efforts supplémentaires ;

b) Les objectifs sanitaires sont plus difficiles à atteindre pour l'ozone, car l'augmentation mondiale actuelle des émissions de méthane compense en partie les réductions des émissions des précurseurs européens dans le scénario de référence jusqu'en 2050. De nouvelles réductions de l'ozone seraient possibles d'ici à 2050 dans le cadre du scénario de faibles émissions, environ un tiers de ces réductions étant attribuées à la réduction des émissions mondiales de méthane, un tiers à la réduction des émissions européennes de précurseurs autres que le méthane et un tiers à la réduction des émissions de précurseurs autres que le méthane en dehors de l'Europe ;

c) Des charges critiques empiriques pour l'azote provenant du CCE ont été introduites dans le modèle GAINS afin d'évaluer la faisabilité d'une réduction de 50 % de la moyenne des dépassements cumulés par type de nature ; ce paramètre de mesure a été proposé par le Groupe de travail des effets comme indicateur de la pression exercée par la pollution atmosphérique sur la biodiversité. La faisabilité diffère selon les pays et les types d'écosystèmes et dépend de l'utilisation des valeurs de charge critique les plus élevées ou les plus basses. Si l'on utilise les charges critiques les plus faibles, l'objectif ne peut être atteint en Europe orientale, dans le Caucase et en Asie centrale, ainsi qu'en Türkiye, où une forte augmentation de l'utilisation d'engrais est intégrée dans le scénario de référence. La suite de l'analyse portera sur les valeurs de charge critique inférieures et moyennes à atteindre. Des efforts supplémentaires seraient également nécessaires pour obtenir une réduction de 50 % en ce qui concerne les forêts et les écosystèmes semi-naturels ;

d) Les premières analyses des flexibilités visant à faciliter la ratification du futur Protocole de Göteborg révisé pour les États actuellement non parties (Balkans occidentaux, Europe orientale, Caucase et Asie centrale, et Türkiye) montrent à nouveau qu'un objectif donné peut être atteint à moindre coût lorsqu'il s'applique à l'ensemble de la région au lieu de chaque pays. Le rapport coût-efficacité serait plus faible si ces pays appliquaient les meilleures techniques disponibles pour certains secteurs (centrales électriques, industrie, transports), par rapport à la mise en œuvre de mesures choisies dans le cadre de l'optimisation GAINS pour l'objectif commun d'une réduction de 50 % des effets sur la santé.

45. Les scénarios GAINS seront mis à jour en 2024. Le nouveau scénario de référence issu des consultations bilatérales en cours avec les Parties est attendu en juin 2024.

46. Il faut que le Groupe de travail des stratégies et de l'examen donne de nouvelles orientations, notamment en ce qui concerne : l'objectif et l'année de référence pour l'optimisation de l'objectif ; la prise en compte ou non de l'évolution démographique dans la modélisation ; le choix de considérer le nombre absolu de décès ou le nombre de décès pour 100 000 habitants ; l'incorporation ou non des particules naturelles ; et l'opportunité d'appliquer l'objectif à la région de la CEE ou à chaque pays.

47. La modélisation GAINS bénéficie largement de la collaboration avec les autres groupes d'experts de la Convention. Notamment, depuis l'année dernière, la collaboration avec le CSM-O et le Groupe de travail des effets/CCE a permis d'améliorer l'analyse des effets de l'ozone et de la biodiversité à l'aide du modèle GAINS.

48. À sa cinquante-troisième réunion (Paris, 15-17 avril 2024), l'Équipe spéciale des modèles d'évaluation intégrée a examiné un projet de « Document d'orientation sur les mesures non techniques et les mesures structurelles » (point 2.2.3 du plan de travail), dont un schéma annoté a été soumis à la soixante-deuxième session du Groupe de travail des stratégies et de l'examen. L'application de ces mesures peut réduire davantage les effets de la pollution atmosphérique sur la santé et l'environnement, et ce à des coûts relativement moins élevés que les technologies en fin de chaîne. Toutefois, leur mise en œuvre est plus difficile, car elle dépend de l'application de divers instruments directifs et de la situation propre à chaque pays. Par conséquent, les résultats d'un exemple de mise en œuvre peuvent ne pas s'appliquer partout dans la région étudiée, et les coûts et avantages de ces mesures sont plus difficiles à évaluer que ceux des mesures techniques.

D. Autres éléments relatifs à la mesure et à la modélisation

49. Les activités menées dans le cadre de l'Équipe spéciale des mesures et de la modélisation pour 2023-2024 ont confirmé qu'une représentation précise des émissions de COV et de leurs transformations chimiques dans les modèles est essentielle dans le contexte de la formation de l'ozone et des aérosols secondaires. Les COV biogéniques sont un précurseur très important de l'ozone, en particulier pendant les épisodes de canicule, où leur incidence peut atteindre 40 %. En outre, les COV contribuent à la production d'aérosols organiques secondaires par l'intermédiaire de divers processus d'oxydation. Le problème de la modélisation des COV réside dans la diversité et la variabilité de leurs sources, tant naturelles qu'anthropiques, ainsi que dans leur réactivité et leur interaction avec d'autres constituants atmosphériques. Pour les pays européens, les changements dans la surveillance des COV liés à la mise en œuvre des directives révisées de l'Union européenne sur la qualité de l'air ambiant¹⁹ contribuent à long terme à une meilleure compréhension de la variabilité de leurs concentrations.

50. Plusieurs analyses effectuées par les experts de l'Équipe spéciale des mesures et de la modélisation confirment les tendances à la baisse observées, reproduites par les simulations du modèle pour la plupart des polluants primaires. Cette tendance est en partie liée à la mise en œuvre de politiques environnementales, mais l'évolution des conditions météorologiques, en particulier pendant l'hiver, joue également un rôle important. Toutefois, dans le cas de l'ozone, les concentrations de fond ont légèrement augmenté, ce qui justifie la poursuite des travaux sur ce sujet.

51. Un atelier sur les substances chimiques nouvellement préoccupantes a été organisé au CCC de l'EMEP (Kjeller, Norvège, 8-10 novembre 2023) dans le but d'harmoniser la surveillance atmosphérique de ces espèces, en coopération avec le Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique et le Programme mondial de surveillance dans le cadre de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants. Des sessions thématiques ont été organisées sur les siloxanes, les chloro-paraffines, les substances per- et polyfluorées, les substances ignifuges, les microplastiques et les additifs plastiques. Une recommandation générale consistait à mener des campagnes de mesure afin de mieux comprendre leur variabilité spatiale et de comparer les différentes méthodes utilisées. En outre, en guise de conclusion, il était important que davantage de ces observations soient communiquées à l'EMEP et des lignes directrices devaient être élaborées pour faciliter cette communication.

IX. Établissement d'une corrélation entre les échelles

A. Transport des polluants atmosphériques à l'échelle de l'hémisphère

52. Dans le cadre du plan de travail pour 2024-2025, l'Équipe spéciale du transport des polluants atmosphériques à l'échelle de l'hémisphère s'est concentrée sur la planification et le lancement des mises à jour des ensembles de données sur les émissions mondiales et de

¹⁹ Disponible à l'adresse suivante : https://environment.ec.europa.eu/topics/air/air-quality_en.

trois études comparatives sur la modélisation atmosphérique mondiale qui contribueront à éclairer la révision du Protocole de Göteborg et les futurs examens du Protocole relatif aux métaux lourds et du Protocole de Stockholm, ainsi que la première évaluation de l'efficacité de la Convention de Minamata sur le mercure.

53. En ce qui concerne les émissions mondiales, l'Équipe spéciale du transport des polluants atmosphériques à l'échelle de l'hémisphère s'efforce d'étendre la série chronologique 2000-2018 des émissions mondiales de précurseurs de l'ozone et de composants et précurseurs des particules qui a été publiée en 2022. La mise à jour prolongera la série chronologique jusqu'en 2020, intégrera de nouvelles informations mondiales provenant de la version 8 de la Base de données relative aux émissions pour la recherche atmosphérique mondiale, intégrera des informations régionales provenant de l'inventaire des émissions à résolution multiple pour la Chine et améliorera la comparabilité sectorielle de certains des ensembles de données sur les émissions régionales qui la composent. L'Équipe spéciale du transport des polluants atmosphériques à l'échelle de l'hémisphère espère achever ce prolongement d'ici à la fin de l'année 2024.

54. La première des trois études comparatives de modèles mondiaux est le projet de modélisation et d'analyse multicompartiments du mercure (HTAP3/MCHgMAP). Ce projet relie les modèles atmosphériques, terrestres, océaniques et multimédias mondiaux afin de tenir compte des changements contemporains et historiques dans le cycle du mercure dans l'environnement. L'étude est conçue pour contribuer à l'examen du Protocole sur les métaux lourds et à la première évaluation de l'efficacité de la Convention de Minamata. Un article décrivant la conception de l'étude a été soumis pour publication et le travail de modélisation est en cours. La première phase du projet MCHgMAP sera achevée en 2024 et 2025 pour contribuer à la Convention de Minamata, et une deuxième phase sera menée en 2026 et 2027 pour fournir des informations supplémentaires utiles à l'examen du Protocole relatif aux métaux lourds.

55. La deuxième comparaison de modèles mondiaux est connue sous le nom d'étude sur l'ozone, les particules, l'azote et le soufre (HTAP3/OPNS). L'OPNS comprend trois types d'expériences de modélisation : la simulation de scénarios prospectifs jusqu'en 2050, l'établissement de relations source-récepteur au niveau mondial dans le cadre d'un scénario d'émissions pour 2050, et la simulation des tendances historiques des émissions pour la période 2003-2020. Des scénarios d'émissions futures sont en cours d'élaboration par le CMEI. Les expériences sont conçues pour répondre à des questions scientifiques pertinentes pour la révision du Protocole de Göteborg, y compris la compréhension de l'impact des réductions locales et mondiales des émissions de méthane sur les effets de l'ozone dans la région de la CEE. Les expériences devraient débuter à la mi-2024 et produire des résultats initiaux dès le printemps 2025.

56. La troisième comparaison de modèles mondiaux, connue sous le nom de HTAP3/Fires, est axée sur les effets multipolluants des incendies de forêt et des brûlages agricoles. Les incendies produisent des émissions d'une grande variété de polluants, notamment des particules fines et leurs précurseurs, des précurseurs de l'ozone, des métaux toxiques et des POP. Les incendies ont un impact sur la santé, les écosystèmes et les changements climatiques. HTAP3/Fires a pour but de rassembler différents types de modèles afin de comprendre l'impact des incendies sur les polluants multiples, leur évolution dans le temps et leur évolution prévue. Les expériences devraient débuter fin 2024 et s'achever en 2025 et 2026. Les résultats contribueront à éclairer les futures révisions du Protocole de Göteborg, du Protocole relatif aux métaux lourds et du Protocole de Stockholm.

B. Échelle de la ville

57. En 2023, le PIC-Matériaux a réalisé une étude au cours de laquelle des modèles à résolution accrue ont été appliqués à certains sites reconnus par l'UNESCO en Suisse. Les valeurs de corrosion calculées à l'aide de modèles nationaux (suisses) avec des résolutions allant de 100 m à 1 000 m étaient environ 20 % plus élevées que les valeurs calculées à l'aide du modèle EMEP01.

58. Lors de la cinquante-troisième réunion de l'Équipe spéciale du transport des polluants atmosphériques à l'échelle de l'hémisphère (Paris, 15-17 avril 2024), les grandes lignes du document du Groupe d'experts de la qualité de l'air dans les villes intitulé « Position on clean air in cities » (point 2.1.4 du plan de travail) ont été examinées. Le document sera soumis à la soixante-deuxième session du Groupe de travail des stratégies et de l'examen. Il traitera des options de gestion de la qualité de l'air dans les villes, y compris des solutions éventuellement bénéfiques pour les politiques climatiques, de l'importance du transport transfrontalier et interurbain de la pollution, et des exemples de mesures locales, nationales et régionales importantes.

X. Méthane

59. Au cours des deux dernières décennies, un grand nombre de travaux réalisés dans le cadre et en dehors de la Convention ont montré l'importance du méthane en tant que précurseur de l'ozone. Ces travaux sont difficiles à synthétiser en raison de l'utilisation de différents scénarios d'émissions, approches de modélisation, années de référence et années cibles et paramètres de mesure des incidences. Malgré ces difficultés, certaines conclusions essentielles peuvent être tirées. Une synthèse récente des travaux menés par l'Équipe spéciale du transport des polluants atmosphériques à l'échelle de l'hémisphère, l'Équipe spéciale des mesures et de la modélisation, le CSM-O, le CMEI et le Centre commun de recherche de la Commission européenne a permis de recenser des messages communs.

60. Selon le scénario de référence, les émissions de MDA8 en haute saison dans la région de l'EMEP devraient diminuer de 5 à 10 % entre 2015 et 2050. Une augmentation continue de l'ozone attribuable à la hausse des émissions mondiales de méthane compense partiellement les réductions de l'ozone attendues des réductions des émissions de NO_x et de COVNM. Selon le scénario de faibles émissions, qui intègre toutes les réductions techniquement réalisables de NO_x, de COVNM et de méthane au niveau mondial, ainsi que des mesures non techniques supplémentaires, en 2050, les émissions d'ozone en haute saison devraient être réduites de 20 % supplémentaires en Europe par rapport au scénario de référence de 2050. Environ un tiers de cette réduction est dû aux réductions des NO_x et des COVNM en Europe, un autre tiers aux NO_x et aux COVNM en dehors de l'Europe, et le dernier tiers aux réductions du méthane à l'échelle mondiale. Malgré cela, le pic saisonnier de MDA8 projeté en 2050 dans le cadre du scénario de faibles émissions n'atteindra toujours pas le niveau énoncé dans les lignes directrices de l'OMS en matière de qualité de l'air.

61. Le CMEI estime que les émissions de méthane peuvent être réduites dans la région de la CEE de près de 70 % entre 2015 et 2050 dans le cadre du scénario de faibles émissions, lorsque l'évolution du régime alimentaire et la réduction du cheptel sont prises en compte en plus des mesures techniques.

XI. Réorganisation et transfert des activités du Centre de synthèse météorologique-Est

62. Conformément à la décision prise par l'Organe exécutif de la Convention à sa quarante-troisième session (Genève, 11-14 décembre 2023)²⁰, les activités du Centre de synthèse météorologique-Est (CSM-E) de l'EMEP relatives à l'évaluation par modélisation de la pollution transfrontière par les métaux lourds et les POP sont hébergées par l'Institut Jožef Stefan (Ljubljana) depuis le 1^{er} janvier 2024. Le CSM-E a commencé à mettre en œuvre des activités opérationnelles conformément à son mandat révisé (ECE/EB.AIR/144/Add.1, décision 2019/11) et au Plan de travail pour 2024-2025 relatif à l'application de la Convention (ECE/EB.AIR/154/Add.1), en procédant au renforcement des capacités du Centre, en recrutant du personnel de recherche et en mettant en place les ressources informatiques et logicielles nécessaires.

²⁰ ECE/EB.AIR/154, annexe I, décision 2023/1, par. 1.

63. Depuis le début de l'année 2024, le personnel scientifique du CSM-E a mené à bien les préparatifs de la modélisation opérationnelle annuelle et a effectué des simulations pilotes pour certains métaux lourds et POP. Les activités de recherche du Centre ont porté sur la mise à jour et l'amélioration du modèle de transport chimique GLEMOS, ainsi que sur la collaboration avec l'Équipe spéciale du transport des polluants atmosphériques à l'échelle de l'hémisphère dans le cadre de son projet de modélisation et d'analyse du mercure à compartiments multiples (MCHgMAP). Le CSM-E a également lancé une étude pilote à l'échelle nationale sur certains POP et sur la pollution par les métaux lourds dans les pays des Balkans. Les progrès et les résultats préliminaires des activités du Centre ont été présentés à la vingt-cinquième réunion annuelle de l'Équipe spéciale des mesures et de la modélisation (Varsovie, 6-7 mai 2024).

XII. Politique de données ouvertes et actions de communication

64. Le PIC-Surveillance intégrée est en train de passer du modèle traditionnel de fourniture de données « sur demande » à la publication de données ouvertes selon les principes FAIR (faciles à trouver, accessibles, interopérables et réutilisables). Les pays participants ont été invités à consentir formellement à la publication des données sous une licence Creative Commons by-attribution à la trente-deuxième réunion de l'Équipe spéciale (Prague, 28-30 mai 2024). Le Centre de programme mettra ensuite en ligne la base de données et un document décrivant le programme de surveillance et les données disponibles sera publié pour faciliter l'attribution et fournir des sources lorsque les données sont utilisées. Le projet devrait être achevé en 2024-2025.

65. Tous les PIC relevant du Groupe de travail des effets ont été invités à élaborer un calendrier précis sur le libre accès aux données, en expliquant ce qui sera disponible et quand, et à en présenter les modalités à la dixième session commune de l'Organe directeur de l'EMEP et du Groupe de travail des effets.
